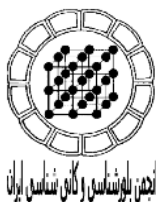
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی



سال بیست و هشتم، شمارۀ اول، بهار ۹۹، از صفحۀ ۲۴۹ تا ۲۵۸

زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و زمین شیمی کانسار باریت مشکان، شمال شرقی سبزوار، استان خراسان رضوی

صدیقه زیرجانی زاده*[۱]، حمید حافظی مقدس[۲]

۱- مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(دریافت مقاله: ۹۸/۲/۹، نسخه نهایی: ۹۸/۵/۲۲)

چکیده: کانسار مشکان در شمال شهرستان سلطان آباد، سبزوار، و شمال غربی روستای مشکان در استان خراسان رضوی قرار دارد. این منطقه از نظر جایگاه زمین‌ساختی در مرز بین پهنه البرز شرقی، پهنه بینالود و شمال پهنه افیولیتی سبزوار واقع است. زمین-شناسی منطقه شامل سنگ‌های رسوبی ماسه سنگ، سنگ آهک، کنگلومرا، شیل، مارن و واحدهای آتشفشانی ائوسن است. کانی‌سازی باریت به صورت رگه - رگچه‌ای و با روند بیشتر شمال غربی – جنوب شرقی واحدهای سنگی منطقه را قطع کرده است. کانی‌ها شامل باریت، کوارتز، کلسیت، گالن و کانی‌های ثانویه گوتیت، لیمونیت و مالاکیت هستند. شش نوع مختلف رگه - رگچه قابل تفکیک است. کوارتز کانی اصلی باطله در کانسار است. مقدار اکسید باریم در رگه‌ها از ۱۸٫۵ تا ۶۲٫۰۶ درصد متغیر است. کمترین دمای تشکیل باریت‌ها ۲۳۵ تا ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است و از محلولی دارای نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ با درجه شوری ۲۰٫۶۷ تا ۲۱٫۴ درصد وزنی نمک طعام بوجود آمده‌اند. براساس شواهد زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و زمین‌شیمی، باریت‌ها از نوع گرمابی هستند.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌شناسی؛ باریت؛ مشکان؛ پهنه بینالود، سلطان آباد.*

مقدمه

باریم یک عنصر به نسبت فراوان در پوسته زمین است و در غلظت ۲۰۰-۵۰۰ppm در بیشتر سنگ‌ها وجود دارد. باریت با خاستگاه‌های گوناگون از جمله ماگمایی [۱]، دگرگونی [۲]، محلول‌های گرمابی حوضه رسوبی [۳] و همچنین آب‌های اقیانوسی قدیمی و جدید [۴] دیده می‌شود. ذخایر باریت می-توانند به صورت‌های متعددی از جمله سرد شدن محلول، آمیختگی دو یا چند سیال، واکنش شدید سنگ با سیال و فرآیندهای برآمده از باکتری‌ها شکل بگیرند. سازوکار معمول تشکیل این کانی، آمیختگی و واکنش بین سیال‌های غنی از باریم و سولفات در محیط خشکی و آب دریاست. بررسی سیال‌های درگیر [۶،۵] و همچنین بررسی زمین‌شیمی عناصر خاکی نادر [۷] می‌توانند در تعیین خاستگاه و چگونگی شکل گیری باریت نقش بسزایی داشته باشند. بزرگترین کانسارهای باریت ایران در پهنه‌های ساختاری البرز مرکزی و ایران مرکزی دیده شده و سنگ میزبان آنها اغلب دولومیت یا سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی است [۸-۱۰]. حدود ۱۰۰ کانسار و منطقه اکتشافی باریت در ایران وجود دارد که ذخایر آن به حدود ۱۰ میلیون تن می‌رسد [۱۱]. سن سنگ میزبان این کانه‌زایی‌ها از اواخر پرکامبرین تا میوسن متغیر است [۱۲]. با تولید سالانه ۳۳۰ هزار تن، ایران پنجمین تولیدکننده مهم باریت در دنیا محسوب می‌شود [۱۳].

کانسار باریت مشکان در ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان سلطان آباد در استان خراسان رضوی و بین طول‌های جغرافیایی ″۱٫۸ ′۰۶ °۵۸ تا ″۱٫۱ ′۰۹ °۵۸ و عرض‌های جغرافیایی ″۱۰٫۲ ′۳۶ °۳۶ تا ″۳۳ ′۳۸ °۳۶ واقع است

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۳۵۹۸۵۹۶، پست الکترونیکی: s.zirjanizadeh@gonabad.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.1.17.7]

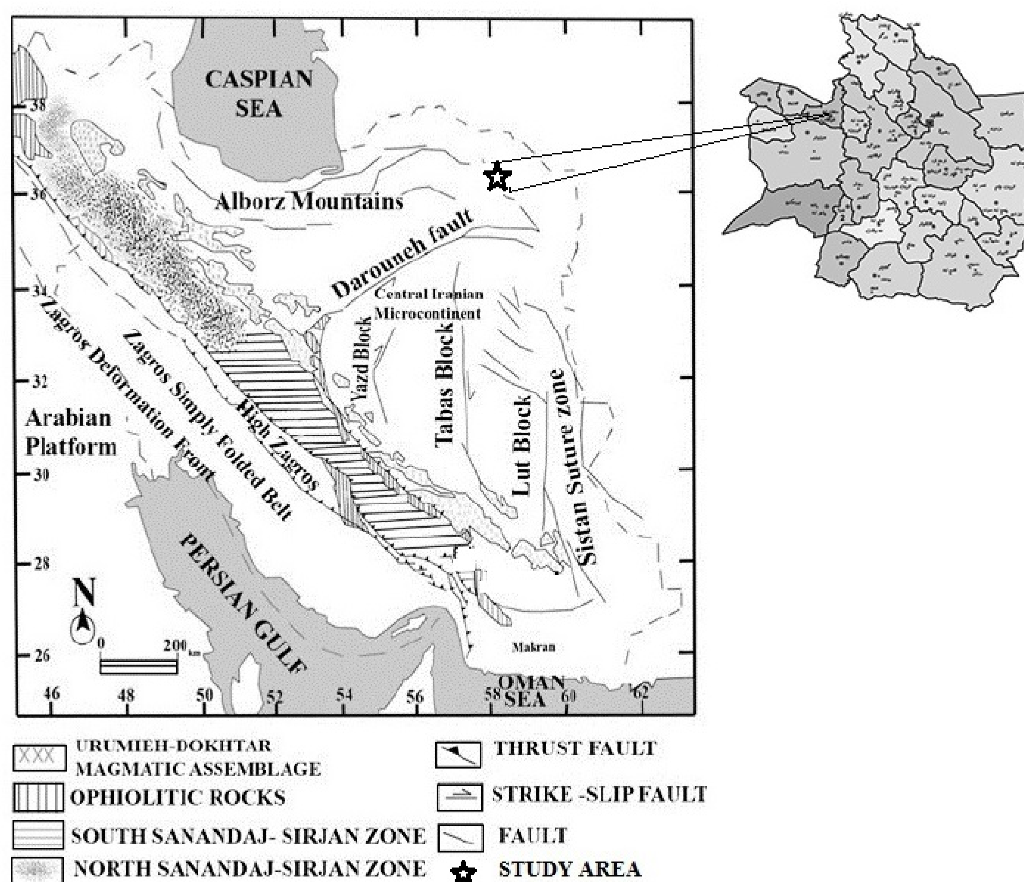
[DOI: 10.29252/ijcm.28.1.249]

(شکل ۱) [۱۴]. منطقه مورد بررسی از نظر تقسیمات ساختاری در بخش غربی پهنه بینالود قرار دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و تفکیک انواع رگه‌های باریت موجود در منطقه و تعیین ماهیت زمین‌شیمیایی رگه‌ها براساس نتایج تجزیه اکسیدهای اصلی در کانسار باریت مشکان بوده است.

روش پژوهش

به منظور بررسی‌های زمین شناسی، کانی‌سازی و زمین‌شیمی ماده معدنی، نخست بازدیدهای صحرایی و نمونه‌برداری از واحدهای سنگی و رگه‌های باریت در منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۱۵/۸۶ کیلومترمربع انجام شد. تعداد ۱۲ رگه در این منطقه شناسایی شد. به منظور شناسایی کانی، تعداد ۴ نمونه به روش پراش پرتوی x (XRD) (جدول ۱) در آزمایشگاه کانسارهای بلورین آمتیس تجزیه شد. برای بررسی زمین‌شیمی اکسیدهای اصلی رگه‌ها، تعداد ۱۰ نمونه به روش طیف‌سنجی فلئورسانس پرتوی x آزمایش شدند (جدول ۲) و (XRF) همچنین وزن مخصوص ۷ نمونه باریت نیز اندازه‌گیری گردید.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.1.17.7]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.1.249]



شکل ۱ نقشه زمین‌ساختی ایران، خراسان رضوی و جایگاه منطقه مورد بررسی بر روی آن‌ها.

جدول۱ نتایج پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه‌های مورد بررسی

شماره نمونه	فاز اصلی	فاز فرعی
47404d	باریت، کلسیت و کوارتز	گوتیت، انکریت
47408d	باریت، گوتیت	کوارتز
47410d	هماتیت، کلسیت، کوارتز و باریت	
47412d	پیرولوزیت، کوارتز، آلبیت و کلسیت	

جدول ۲ اکسیدهای اصلی کانسار باریت مشکان (.%wt).

No.	47411-	38156-YM1	222	38426	212	221	210	211	208	209	216	215	214	213	219	220	217	218
SrO	۱٫۳		۱٫۳۳	۱٫۰۱	۱٫۰۷	۰٫۷۴	۰٫۹۹	۲٫۷۱	۰٫۶۶	۰٫۶۲	۱٫۰۱	۱٫۹۸	۰٫۹۹	۱٫۷۱	۱٫۰۱	۰٫۷۳	۰٫۷۴	۰٫۶
Bao	۵۸		۲۹	۵۹٫۴۴	۳۶	۶۲٫۱	۴۹	۵۶٫۵	۳۳٫۳	۲۳٫۹	۳۷٫۷	۴۵٫۶	۴۹٫۶	۶۰٫۳	۵۰٫۶	۳۳٫۱	۵۲٫۲	۵۶٫۸
So_3	۳۱٫۳	۷٫۳۹	۱۶٫۱۷	۳۱٫۸۱	۱۹٫۶	۱۷٫۸	۲۶٫۳	۳۱٫۶	۱۷٫۹	۱۳	۲۰٫۵	۲۵٫۴	۲۶٫۷	۳۲٫۸	۲۷٫۲	۱۷٫۹	۲۷٫۸	۱۴٫۵
SiO_2	۱٫۶۸	۳٫۶۸	۱۹٫۸۶	۲٫۳۷	۷٫۲	۱۱	۱۱	۲٫۵	۱۶	۳٫۷	۲۱	۸٫۷۱	۱۵	۲٫۶	۷٫۷	۳۸	۱۱٫۲	۴۵
TiO_2	۰٫۴۷	۰	۰٫۴۲		۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۶	۰٫۵۱	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۵۳	۰٫۵
Al_2O_3	۰٫۰۷	۰٫۸۲	۰٫۷۳	۰٫۶۵	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۲		۰٫۶	۰٫۱	۲۳	۰٫۲۲	۰٫۴۳		۰٫۱۹	۱٫۹	۰٫۳	۲٫۳
FeO																		
Fe_2O_3	۵٫۰۴	۲٫۸۴	۵٫۷۳	۰٫۲۴	۷٫۴	۴٫۶۳	۵٫۱	۳٫۹	۴٫۹	۵٫۳	۵٫۶	۴٫۷	۲٫۱	۰٫۴	۶٫۸	۱٫۸	۴٫۶۴	۳٫۸
MnO	۰٫۰۸	۰٫۲۱	۰٫۰۸		۰٫۲	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۰۷	۰٫۲	۰	۰٫۱	۰	۰٫۰۶	۰٫۱
MgO	۰٫۲۱	۳٫۵۵	۲۰٫۵۳	۰٫۲۹	۲٫۳	۰٫۴	۰٫۴	۰٫۳	۱۷	۰٫۴	۵	۸٫۹۱	۰٫۴	۰٫۲	۰٫۴	۰٫۷	۰٫۴۲	۱٫۴
CaO	۰٫۱	۴۲	۱٫۱۲	۱٫۶۳	۱۲	۰٫۲	۲٫۵	۰٫۴	۳٫۳	۲۸	۲٫۴	۱٫۲۱	۲٫۹	۰٫۴	۲٫۱	۱٫۷	۰٫۱۵	۱٫۲
Na_2O	۰٫۴۵	۰٫۱۶	۰٫۱۶	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۲	۰٫۱	۱	۰٫۳۱	۰٫۳		۰٫۴	۰٫۹۷	۰٫۴۷	۰٫۷۱
K_2O	۰٫۰۶	۰٫۱۸	۰٫۰۱	۰٫۰۷	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۱		۰	۰٫۱	۰٫۲		۰٫۱		۰٫۱	۰٫۶۷	۰٫۰۵	۰٫۶۹
P_2O_5		۰٫۰۳	۰٫۰۳		۰٫۱	۰٫۱	۰	۰	۰		۰٫۱	۰٫۰۲	۰	۰	۰	۰٫۱۰	۰٫۰۶	۰٫۱۶
LoI	۱٫۳	۳۷٫۳	۴٫۵۲	۱٫۹	۱۲	۱٫۵	۳٫۵	۱	۵	۲۴	۲٫۴	۲٫۲۳	۰٫۵	۰٫۵	۳	۲٫۲۰	۱٫۳۳	۲٫۴

برای بررسی سیال‌های درگیر، پس از بررسی‌های دقیق همبرزایی، تعداد ۱۱ مقطع دوبرصیقل با ضخامت تقریبی ۰٫۵ میلی‌متر از کانی‌های باریت، کوارتز و کلسیت تهیه شد. این آزمایش‌ها با استفاده از یک دستگاه سردکننده و گرم‌کننده ساخت شرکت لینکام مدل THM 600 در دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت. دقت کار دستگاه در مرحله سرد و گرم کردن $\pm 1°$ C و گستره دمایی دستگاه بین ۱۹۰- تا ۶۰۰+ درجه سانتیگراد است. مقدار شوری و چگالی در سیستم H_2O-NaCl با استفاده از نرم افزار تعبیه شده در سیستم اکسل HOKIEFLINCS-H_2O-NACL [۱۶،۱۵] محاسبه شد. نمودارهای ستونی و سایر نمودارهای لازم در نرم‌افزار SPSS و Excel رسم شد.

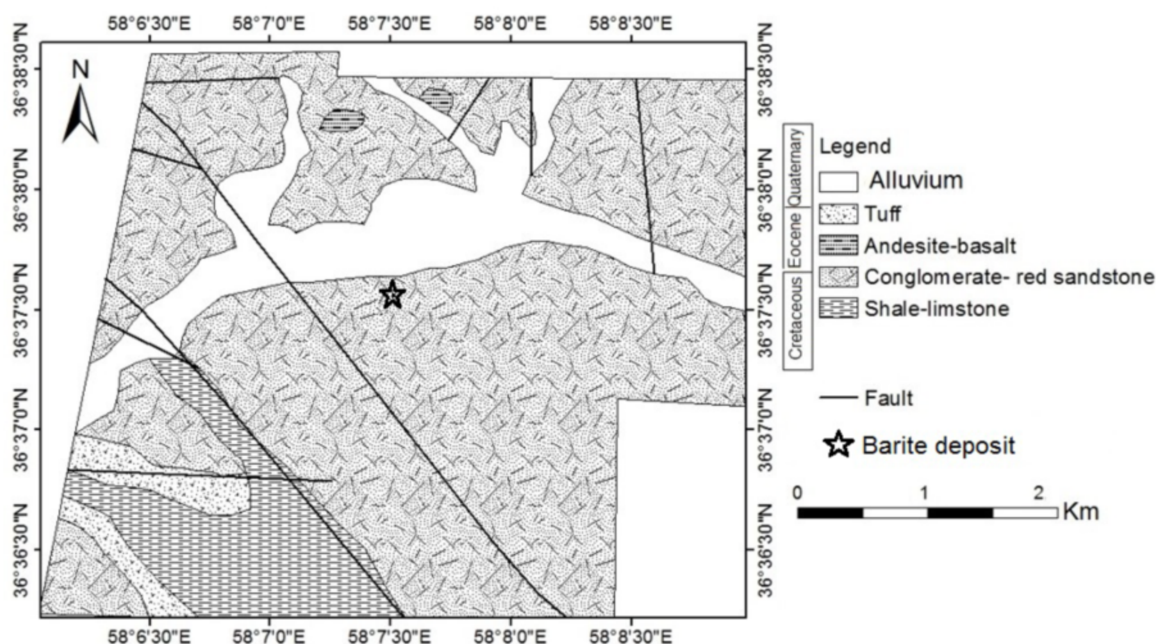
زمین‌شناسی

منطقه مورد بررسی بخشی از پهنه زمین‌ساختی مشکان بوده [۱۷] و جایگاه آن در لبه شمال شرقی گستره نقشه زمین‌شناسی سبزوار است. پهنه مشکان به شکل یک ساختار مثلثی ($70*70*100\ km^3$) در بین سه پهنه بینالود، کپه داغ و ایران مرکزی قرار دارد [۱۷]. الگوی ساختاری در پهنه مشکان توسط ۱) سیستم گسلی چپ گرد فرهادان با روند شرق جنوب شرقی، ۲) سیستم گسلی راستگرد چکنه با روند شمال شمال غربی و ۳) سیستم گسلی معکوس مشکان با روند شمال غربی مشخص می‌شود که گسل معکوس مشکان مرز جنوب شرقی پهنه مشکان را از ایران مرکزی جدا می‌کند [۱۷]. مرزهای مکان‌نگاری و زمین‌شناسی پهنه مشکان بوسیله سه سیستم گسلی بالا کنترل می‌شوند. این منطقه نسبت به کوه‌های بینالود و کپه داغ، ارتفاع کمتری دارد. کانی‌سازی باریت در پهنه گسلی مرز جنوبی پهنه مشکان قرار دارد. کانی‌سازی‌های مس بتو و سلیمانی نیز در ارتباط با همین گسل‌ها هستند. از نظر زمین‌شناسی در ناحیه سبزوار، حجم عمده سنگ‌های رخنمون یافته سنگ‌های آتشفشانی دوران ائوسن تا پلیوسن [۱۸] هستند که بیشتر به صورت گدازه و آذرآواری و به مقدار بسیار کم توده‌های نیمه عمیق دیده می‌شوند. منطقه افیولیتی سبزوار در جنوب این منطقه قرار دارد و تشکیل سنگ‌های آتشفشانی یاد شده را می‌توان در ارتباط با جایگیری افیولیت (کرتاسه [۱۸]) دانست. از نظر سنی، سنگ‌های آتشفشانی از جنوب به شمال جوانتر هستند [۱۸]. یک کمربند از سنگ‌های آذرین از جنوب شرقی منطقه به سمت شمال غربی آن ادامه دارد که بیشتر مربوط به زمان ائوسن و شامل گدازه‌ها و آذر آواری‌های با ترکیب متوسط تا بازی است. در آنها سنگ‌های آتشفشانی پس از ائوسن نیز به صورت گنبدهای آتشفشانی، دایک و گدازه دیده می‌شود. جوانترین سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد بررسی مربوط به زمان پلیو - کواترنر [۱۴] است که در بخش‌های شمالی منطقه، به صورت آذرآواری و گدازه دیده می‌شود.

حجم عمده سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه مورد بررسی شامل کنگلومراهای قرمز با میان لایه‌های ماسه سنگی است. بطور کلی، سنگ‌شناسی منطقه شامل لای‌سنگ، شیل و مارن، کنگلومرا و ماسه سنگ آهکی و همچنین واحدهای آتشفشانی با سن ائوسن پیشین تا میانی است که اغلب به صورت گدازه و آذر آواری دیده می شود [۱۰] (شکل ۲).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.1.17.7]

[DOI: 10.29252/ijcm.28.1.249]



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی کانسار باریت مشکان برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ مشکان [۱۰].

کانی‌سازی و کانی‌شناسی

کانی‌سازی در کانسار باریت مشکان کنترل گسلی دارد و همه واحدهای سنگ‌شناسی منطقه در قسمت‌های مختلف میزبان رگه‌ها هستند. تعداد ۱۲ رگه باریت‌دار بزرگ و کوچک در منطقه مشکان دیده می‌شود که راستای بیشتر آنها شمال غربی- جنوب شرقی با شیب ۸۰ تا ۹۰ درجه به سمت شمال شرقی و گاهی جنوب غربی است. رگه‌های با طول و ضخامت بیشتر مانند رگه‌های باریت همراه با اکسیدهای آهن ذخیره مناسب دارند. این رگه گسترش بسیار دارد و دارای طول و ضخامت متوسط به ترتیب ۲۵ و ۶ متر است. بررسی زمین-شیمیایی نشان داد که عیار اکسید باریم نیز در این رگه‌ها بیشینه است (نمونه‌های ۳۸۴۲۶ و ۴۷۴۱۱؛ جدول ۲). رگه‌های کلسیت همراه باریت دارای طول و ضخامت کمتر هستند که طول و ضخامت آن‌ها به‌طور متوسط به ترتیب ۶ و ۲ متر است. رگه‌های باریت - مالاکیت نیز از گسترش و ضخامت خوبی برخوردار بوده و به‌طورمتوسط ۳۰×۶ متر مربع هستند. بنابراین براساس داده‌های کانی‌شناسی، رگه‌ها را می‌توان به انواع ۱- باریت، ۲- باریت - کوارتز، ۳- باریت - اکسیدآهن، ۵- باریت – کوارتز - کلسیت، ۶- باریت - مالاکیت و ۷- باریت - گالن تقسیم کرد (شکل ۳).

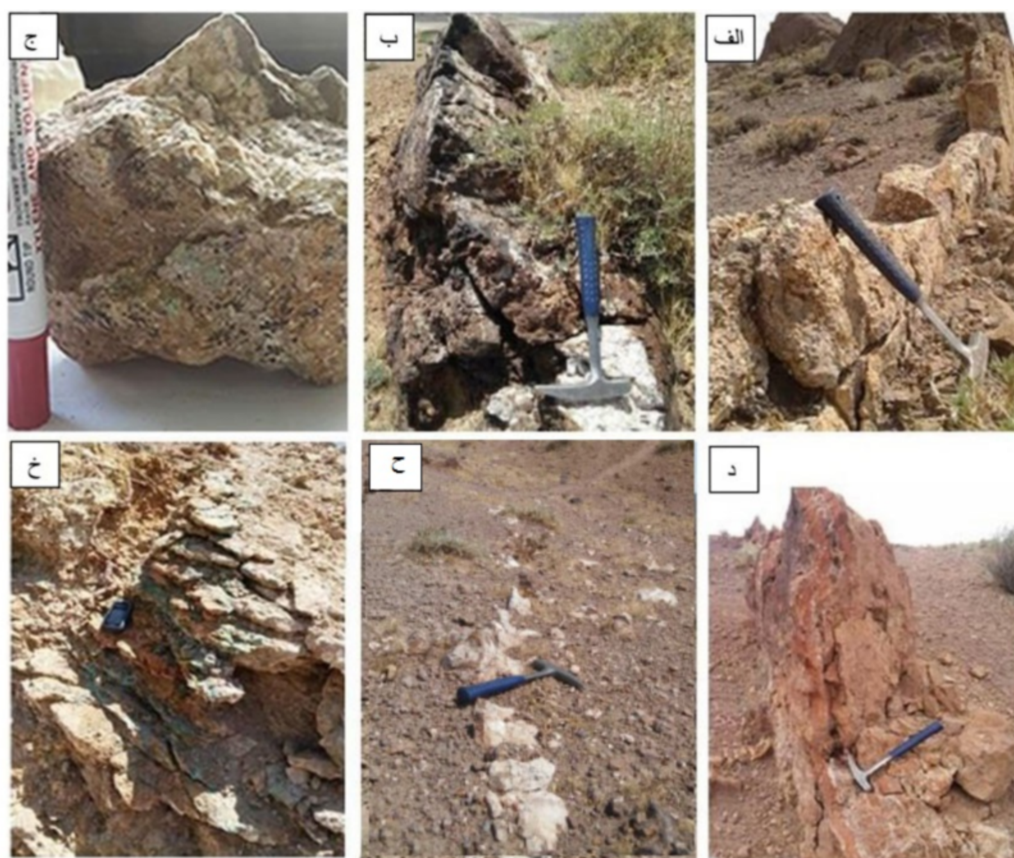
باریت: کانی باریت که ماده معدنی اصلی و فراوانترین کانی کانسار مشکان است، با طیف رنگی بسیار متنوع (بی رنگ، زرد، قهوه‌ای و خاکستری) دیده می‌شود. بافت‌های متنوع و زیبایی در باریت‌های منطقه وجود دارد که می‌توان به توده‌ای، شعاعی، پرکننده فضای خالی و گل کلمی اشاره کرد (شکل ۳ پ). همچنین باریت به صورت رگه‌ها و رگچه‌های پراکنده نیز در سنگ میزبان تشکیل شده است (شکل ۳ الف).

بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که کانسار باریت چنارورده کانی‌شناسی و بافت بسیار ساده‌ای دارد. باریت به صورت بلورهای بی شکل تا نیمه شکل‌دار و گاه کشیده فراوان-ترین کانی موجود است که از نظر اندازه از بلورهای بسیار ریز تا درشت تغییر می‌کند.

کوارتز: این کانی دومین کانی متداول در کانسار است. کوارتزهای نهان بلور در فضاهای خالی باریت رشد کرده‌اند (شکل ۲ ب).

کلسیت: این کانی سومین کانی فراوان در کانسار است (شکل ۳ الف). نسل‌های مختلفی از کلسیت دیده می‌شود که می‌توان به کلسیت‌های گل کلمی و پرکننده فضای خالی اشاره کرد و فضای بین بلورهای باریت را پر کرده است.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.1.17.7]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.1.249]



شکل ۳ الف) رگه باریت- کلسیت، دید به سمت شمال شرقی، ب) نمایی از رگه باریت- کوارتز، دید به سمت شمال غربی، پ) نمونه باریت توده‌ای، ت) نمایی از رگه باریت همراه با اکسیدآهن ثانویه بصورت رگه‌ای در سنگ میزبان آذرآواری، دید به سمت شمال غربی، ث) رگـه باریـت، دیـد بـه سمت شمال و ج) رگه باریت- مالاکیت.

گالن: در برخی رگه‌ها به مقدار کمتر از یک درصد بلورهای گالن به شکل پراکنده در متن باریت دیده می‌شود.

مالاکیت : در مرز واحد آهک سیلیسی با شیل‌های قرمز رنگ رگه‌های مالاکیت همراه با باریت دیده می‌شود. ضخامت این رگه حدود ۱ متر است و گسترشی حدود ۱۵ متر دارد.

شکل ۴ توالی همبری سنگ میزبان، کانه‌ها و کـانی‌هـای باطلـه در کانسار باریت مشکان را نشان می‌دهد. دگرسانی غالب شامل سیلیسی‌شدن و لیمونیتی‌شدن است که مشخـصه کـانی‌سـازی نوع گرمابی است.

زمین‌شیمی

مقدار SiO_2 بین ۲٫۳۷ تا ۵۷٫۹۳ درصد تغییر می‌کند که مربوط به حضور کوارتز به عنوان اصلی‌ترین کانی باطله همراه با باریت است. همچنین، مقدار CaO بسته به مقدار کلسیت همراه با کانی‌سازی بین ۰٫۱۵ تا ۲۸٫۰۵ درصد متغیر است. مقدار Al_2O_3 بین ۰٫۰۷ تا ۲٫۳۳ تغییر می‌کند. مقادیر کم Al_2O_3 و TiO_2 اغلب در باریت‌های گرمابی دیده می‌شود، زیرا در این نوع ذخایر بیشتر عناصر گرمابی با تحرک بالا که ویژه فازهای نهایی هستند، غنی می‌شوند و مواد Al و Ti دار کمتری وارد می‌شوند [۱۹]. سیلیس بصورت کوارتز، کلسدونی و اپال در سیال‌های گرمابی با pH پایین شکل می‌گیرد.

مقادیر K_2O, TiO_2, MnO, MgO, CaO, Na_2O و P_2O_5 پایین است و آنها را نمی‌توان به فاز خاصی نسبت داد. در رگه-ها، مقدار اکسید باریم از ۱۸٫۵ تا ۶۲٫۰۶ درصد و مقدار اکسید استرانسیم از ۰٫۶ تا ۲٫۷۱ درصد تغییر می‌کند. بین مقدار باریم و استرانسیم و مقدار سیلیس رابطه دیده می‌شود و مقدار کم باریم و استرانسیوم مربوط به رگه‌هایی است که باریت کمتری دارند و بخش عمده آنها کوارتز است. بر اساس شکل ۵، بین مقدار باریم و استرانسیم رابطه مستقیم وجود دارد. بالابودن مقدار استرانسیوم در باریت مربوط به نزدیکی شعاع اتمی استرانسیوم و باریم است که منجر به جایگزینی همریخت

[DOR: 20.1001.1.17263689.1399.28.1.17.7]
[DOI: 10.29252/ijcm.28.1.249]

استرنسیوم در بلورهای باریت می‌شود. مقدار استرانسیوم موجود در نمونه‌های باریت می‌تواند برای تعیین ژن نهشته باریت استفاده شود [۲۰-۲۲]. نمونه‌های باریت منطقه مورد بررسی دارای مقادیر SrO نزدیک به بسیاری از ذخایر گرمابی باریت (بعضی از ذخایر باریت در ترکیه و کشورهای دیگر) است (شکل ۶).

Minerals	Hypogene	Oxidized zone
Barite		
Quartz		
Calcite		
Galena		
Malachite		
Fe- oxide		

شکل ۴ توالی همبری کانی‌های فلزی و غیرفلزی کانسار مشکان.

شکل ۵ مقدار استرانسیم نسبت به باریم در نمونه‌های مورد بررسی از کانسار مشکان.

شکل۶ مقایسه مقدار استرانسیم در کانسار مشکان با سایر کانسارهای گرمابی باریت (داده‌ها از [۲۳-۳۱]).

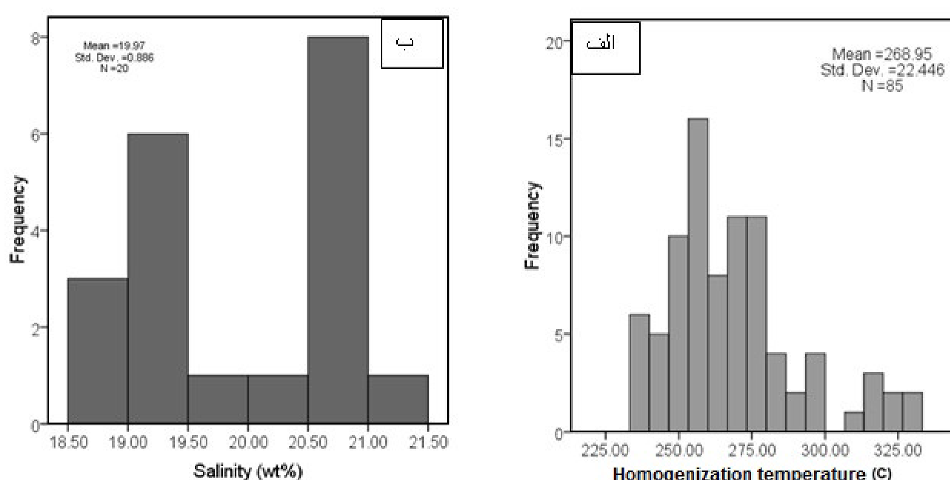
بررسی میانبارهای سیال

بررسی میانبارهای سیال در رابطه با شرایط تشکیل کانسارها بسیار سودمند است و اطلاعات با ارزشی درباره دما، چگالی، فشار و ترکیب شیمیایی سیال‌های کانه‌ساز به دست می‌دهد [۲۰، ۳۲]. بررسی‌های سنگ‌نگاری سیال‌های درگیر اولیه نشان داد که آنها ابعاد ۵ تا ۷ میکرومتر و شکل نزدیک به کروی و نامنظم دارند. براساس تقسیم‌بندی‌های متداول [۳۲-۳۴] سیال‌ها از نوع دوفازی غنی از مایع (L+V) هستند. آزمایش‌های دماسنجی، تعیین نوع محلول و مقدار شوری برای سیال‌های درگیر اولیه نوع LV انجام شد.

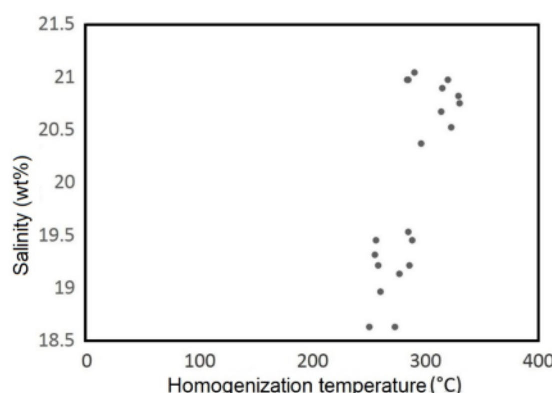
ریزدماسنجی سیال‌های درگیر

دمای همگن‌شدگی (Th) برای ۸۵ میانبار سیال در کانی باریت گستره دمایی ۲۳۵ تا ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. متوسط دمای همگن‌شدگی ۲۶۸ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. نخستین دمای ذوب‌شدگی یخ (Tfm) بین ۵۵/۳- تا ۵۵/۸- درجه سانتی‌گراد متغیر است. نخستین دمای ذوب‌شدگی با ترکیب نمک سیال ارتباط دارد. بر اساس مقدار Tfm به دست آمده، نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ در سیال وجود دارند [۳۴]. مقدار شوری بین ۲۰/۶۷ تا ۲۱/۴ درصد وزنی نمک طعام متغیر است.

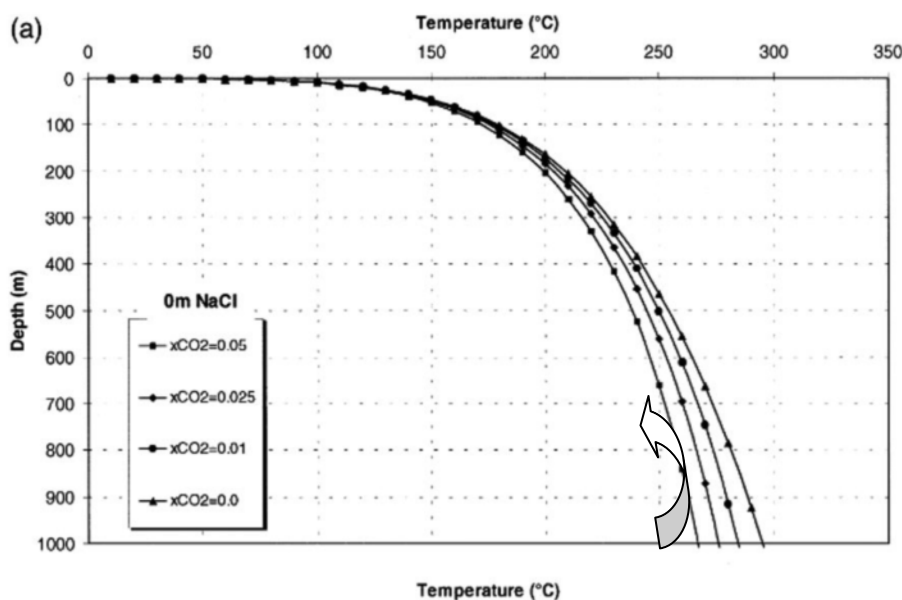
شکل۷ الف نمودار فراوانی دمای همگن‌شدگی سیال‌های درگیر در منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. براساس بررسی‌های ریزدماسنجی، دو گروه سیال درگیر دو فازی (L+V) شناسایی شدند. نمودار فراوانی دمای همگن‌شدگی نشان می‌دهد که گروه نخست تغییرات دمایی بین ۲۸۴ تا ۳۲۹°C و گروه دوم دمای بین ۲۵۰ تا ۲۸۸°C را دارند (شکل ۸). این شواهد نشان می‌دهد که دست کم دو نوع سیال در تشکیل کانی‌سازی در این ناحیه نقش داشته‌اند. نمودار دما- عمق [۳۵] برای سیال‌های درگیر مورد بررسی نشان می‌دهد که کانی‌سازی در عمق حدود کیلومتر انجام شده است (شکل ۹).



شکل ۷ نمودارهای ستونی مربوط به سیال‌های درگیر: الف) دمای همگن شدگی و ب) مقدار شوری.



شکل ۸ مقدار شوری نسبت به دمای همگن شدگی در کانسار باریت مشکان.



شکل ۹ روند تغییرات دما و محاسبه کلی کمترین عمق تشکیل سیال‌های درگیر [۳۵].

برداشت

براساس بررسی‌های انجام شده در منطقه معدنی باریت مشکان، کانی‌سازی باریت درون واحدهای رسوبی دربردارنده کنگلومراهای قرمز با میان لایه‌های ماسه‌سنگی، شیل، مارن و آذرین منطقه رخ داده است. کانی‌سازی درون شکستگی‌ها با راستای اغلب شمال غربی – جنوب شرقی و به صورت رگه-رگچه‌ای شکل گرفته است.

کانی‌شناسی کانسار شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیری سولفیدهای اغلب اکسید شده، گالن و کانی‌های ثانویه هماتیت و مالاکیت است. مقدار Ba در رگه‌ها از ۱۸٫۵ تا ۶۲٫۰۶ درصد متغیر است. باریت‌ها در دو گستره دمایی ۲۸۴ تا ۳۲۹ °C و ۲۵۰ تا ۲۸۸°C تشکیل شده‌اند و با افزایش دما بر مقدار شوری سیال کانه‌دار افزوده شده است. کانی‌سازی باریت از محلولی شامل نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ با مقدار شوری بین ۲۰٫۶۷ تا ۲۱٫۴ درصد وزنی نمک طعام رخ داده است. مقدار بالای استرانسیوم مربوط به خاستگاه گرمابی کانسار است. شواهد زمین‌شناسی، کانی‌سازی و زمین‌شیمیایی بیانگر تشکیل یک کانسار باریت گرمابی در منطقه است.

مراجع

[1] Williams-Jones A.E., Samson I.M., Olivo G.R., *"The genesis of hydrothermal fluorite-REE deposits in the Gallinas Mountains, New Mexico", Economy Geology* 95 (2000) 327–342.

[2] Hanor J.S., *"Barite- celestine geochemistry and environments of formation. In: Alpers, C.N., Jambor, J.L., Nordstrom, D.K., (Eds.), In Reviews in Mineralogy and Geochemistry-Sulfate Minerals", Mineralogical Society of America* 40 (2000) 193–275.

[3] Kontak D.J., Kyser K., Gize A., Marshall D., *"Structurally controlled vein barite mineralization in the Maritimes basin of eastern Canada: geological setting, stable isotopes, and fluid inclusions", Economy Geology* 101 (2006) 407–430.

[4] Monnin C., Cividini D., *"The saturation state of the world's ocean with respect to (Ba, Sr) SO_4 solid solution", Geochim. Cosmochim. Acta* 70 (2006) 3290–3298.

[5] Gültekin A.H., Orgun Y., Suner F., *"Geology, mineralogy and fluid inclusion data for Kizilcaoren fluorite-barite-REE deposit, Eskisehir, Turkey", Asian Earth Sciences* 21 (2003) 365–376.

[6] Bozkaya G., Gökce A., *"Trace- and rare-earth elemnt geochemistry of the Karalar (Gaipasa-Antalya) barite-galena deposits, Southern Turkey", Turkish Journal of Earth Science* 13 (2000) 63–75.

[7] Guichard F., Church T.M., Treuil M., Jaffrezic H., *"Rare earths in barites: distribution and effects*

", Geological Survey of Iran, Report 51 (1983) 247-266.

[19] Lottermoser B.G., Ashley P.M., *"Geochemistry and exploration significance of ironstones and barite-rich rocks in the Proterozoic Willyama Supergroup, Olary Block, South Australia", Journal of Geochemical Exploration* 57 (1996) 57–73.

[20] Van den Kerkhof A.M., Hein U.F., *"Fluid inclusion petrography", Lithos* 55 (2001) 27-47.

[21] Starke, R., 1969. Die Strontiumgehalte der Baryte. Freiberger Forschungsh. 150, p. 86.

[22] Werner, C.D., 1958. Geochemie und paragenese der saxonischen schwerspat– flussspat–gänge im schmalkaldener revier. Freiberger Forschungshf 47,
Berlin.

[23] Ayhan A., Hüyük (Konya) ile Şarkikaraağaç (Isparta) arasında bulunan barit yataklarının incelenmesi: SÜ. Arş. Fonu Proje Rap.,(1987) 45 s.

[24] Cengiz O., *"Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük- Doğanhisar (Konya) Arasındaki Barit Yatakla- rı ve Oluşumu"* Doktora Tezi, SDÜ. Fen Bilim- leri Enst., (1997) 247 s.

[25] Fazakas H.J., *"Geochemisch-Lagesttaetten-kundliche Untersuchungen an Schwerspatvor-kommen des Südwestdeutschen Grund und Deckgebirges"* Naturwiss. Fak., Univ. Münc- hen, Doktora Tezi,(1976) 76 s.

[26] Kayabalı l., "*Alanözü ve Habİller (Karaman) yö- resi barit zuhurlarının jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi"* SÜ. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi (1992).

[27] Podufal, P., "Die Dreislarer Barytange" Der Aufschluss, 55, Beiheft 2(1977) 37-40 p.

[28] Puchelt, H., *"Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus"* Sitzungsber., Heid., Ak. Wiss., Math. Nal. KI., Jg., 4 Abh., (1967) 205 s.

[29] Reimer, T*., "Detrital barites in Karoo Supergro- up of Southern Africa"*. Min. Deposita 13(1978) 235- 244.

[30] Striebel. H., *"Die Bleierz-Baryt-Lagerstaette von Karalar-Gazipaşa (Turkei) und ihr geoiogischer Rahmen"*, Naturwiss. Fak. Univ. München, Doktora Tezi (1965) 48 s.

[31] Zimmermann, R.A., *"Rhythmicity of barite-shale and of Sr in stratabound deposits of Arkansas In handbook of stratabound and on aqueous* partitioning", Geochim. Cosmochim. Acta 43 (1979) 983–997.

[8] Ehya F., *"Rare earth element and stable isotope (O, S) geochemistry of barite from the Bijgan deposit, Markazi Province, Iran", Mineralogy and Petrology* 104 (2012) 81-93.

[9] Ehya F., Mazraei S.H.M., *"Hydrothermal barite mineralization at Chenarvardeh deposit, Markazi Province, Iran: Evidences from REE geochemistry and fluid inclusions", Journal of African Earth Sciences* 134 (2017) 299-307.

[10] Alaminia Z., Sharifi M., *"Geological, geochemical and fluid inclusion studies on the evolution of barite mineralization in the Badroud area of Iran",*Ore Geology Reviews 92(2018) 613-626.

[11] Ghorbani, M., 2007- Economic Geology of Mineral and Natural Resources of Iran. Arianzamin, Tehran.

[12] Ghorbani, M., 2013- The Economic Geology of Iran, Mineral Deposits and Natural Resources. Springer Geology, Dordrecht. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007- 5625-0.

[13] USGS, 2014- Mineral Commodity Summaries 2014. U.S. Geological Survey, p. 196.

[14] Amini B., Khannazar N., *"Geological Map of Iran. 1:100,000 Mashkan", Geological Survey of Iran* (1998).

[15] Lecumberri-Sanchez P., Steel-MacInnis M., Bodnar R.J., *"A numerical model to estimate trapping conditions of fluid inclusions that homogenize by halite disappearance", Geochimica et Cosmochimica Acta 92* (2012) 14-22.

[16] Steele-MacInnis M., Lecumberri-Sanchez P., Bodnar R.J., *"HOKIEFLINCS-H2O-NACL: A Microsoft Excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of H2O–NaCl", Computer in Geosciences* 49 (2012) 334–337.

[17] Shabanian E., Bellier O., Siame L., Arnaud N., Abbassi M., Cocheme J., *"New tectonic configuration in NE Iran: Active strike-slip faulting between the Kopeh Dagh and Binalud mountains", Tectonics* 28, (2009) 1-29.

[18] Spies O., Lensch G., Mihem A., *"Geochemistry of the post-ophiolitic Tertiary volcanics between Sabzevar and Quchan (NE Iran)*

stratiform ore deposits", V. 3, Ed., K.H. Wolf. Elsevier (1976) 339- 353.

[32] Roedder E., 1984, *"Fluid inclusions", Reviews in Mineralogy* 12 (1984) 644 pp.

[33] Lottermoser B.G., Ashley P.M., *"Geochemistry and exploration significance of ironstones and barite-rich rocks in the Proterozoic Willyama Supergroup, Olary Block, South Australia", Journal of Geochemical Exploration* 57 (1996) 57–73.

[34] Sheppherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M., *"A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies", Blackie and Son* (1985) 239 pp.

[35] Wilkinson, J.J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", Lithos 55 (2001) 229–272.